

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2005/2006

November 2005

**EKC 313 – Proses Pemisahan**

Masa : 3 jam

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEMBILAN muka surat yang bercetak dan DUA muka surat Lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

**Arahan:** Jawab mana-mana **LIMA** (5) soalan.

Pelajar boleh menjawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia. Jika pelajar ingin menjawab dalam Bahasa Inggeris, pelajar hendaklah menjawab sekurang-kurangnya SATU soalan dalam Bahasa Malaysia.

...2/-

1. [a] Apakah fungsi
  - [i] penghapus hanyut
  - [ii] padatan yang digunakan di dalam menara pendinginan

[2 markah]
- [b] Udara pada 30°C (bebuli kering) dan 25°C (bebuli basah) mengalir melalui sebuah pemanas udara (H1) pada kadar 0.2 m<sup>3</sup>/s (termasuk wap air). Di keluaran pemanas, udara adalah pada suhu 100°C. Udara panas kemudiannya dilembapkan secara adiabatik di dalam kebuk pelembapan (H) sehingga peratus kelembapan udara mencapai 50%. Udara yang keluar dari kebuk pelembapan (H) seterusnya dipanaskan sehingga 100°C di dalam pemanas H2. Carta psikrometer diberikan di dalam Gambarajah L.1. Anggarkan:
  - [i] Kadar alir jisim udara (termasuk wap air) di salur masuk H1 dan salur keluar H2.
 

[4 markah]
  - [ii] Titik embun udara yang keluar dari pemanas H2.
 

[4 markah]
  - [iii] Kadar perpindahan air ke arus udara di dalam pelembap
 

[5 markah]
  - [iv] Kuasa yang diperlukan untuk pemanas H1 dan H2 jika kecekapan setiap pemanas adalah 85%.
 

[5 markah]

1. [a] *What is the function of*
  - [i] *a drift eliminator*
  - [ii] *packing used in a cooling tower*

[2 marks]
- [b] *Air at 30°C (dry bulb) and 25°C (wet bulb) passes through an air heater (H1) at 0.2 m<sup>3</sup>/s (inclusive of water vapour). At the exit of the heater the air is at a temperature of 100°C. The heated air is then adiabatically humidified in a humidification chamber (H) until the percentage humidity of the air reaches 50%. The air leaving the humidification chamber H is further heated to 100°C in another heater H2. A Psychrometric chart is provided in Figure L.1 Estimate:*
  - [i] *The mass flow rate of air (inclusive of water vapour) at the inlet of H1 and outlet of H2.*

[4 marks]
  - [ii] *The dew point of the air leaving the heater H2.*

[4 marks]

...3/-

[iii] *The rate at which water is transferred to the air stream in the humidifier.*

[5 marks]

[iv] *The power required for heaters H1 and H2 if the efficiency of the heaters are 85% each.*

[5 marks]

2. [a] *Nyatakan beberapa keadaan di mana pengekstrakan cecair adalah lebih sesuai jika dibandingkan dengan penyulingan pemisahan bahan larut dari larutan.*

[2 markah]

[b] *Larutan X yang mengandungi 30% bahan larut S di dalam pelarut A digunakan untuk tujuan pengekstrakan di dalam suatu sistem pengekstrakan berperingkat searus yang menggunakan pelarut B. 100 kg/j X digunakan di dalam proses tersebut. Pada setiap peringkat, 30 kg/j B digunakan.*

[i] *Jika diandaikan A dan B tidak boleh bercampur, pekali taburan K adalah 75 dan rafinat tidak boleh mengandungi lebih daripada 2.5% A di dalam larutan:*

[a] *Lukiskan garis pengendalian dan garis keseimbangan*

[4 markah]

[b] *Cari bilangan peringkat yang diperlukan secara teori*

[5 markah]

[ii] *Jika A dan B boleh bercampur dan Gambarajah L.2 menunjukkan plot keseimbangan pada gambarajah segitiga, anggarkan bilangan peringkat yang diperlukan secara teori.*

[9 markah]

2. [a] *Indicate a few situations where liquid extraction is more attractive over distillation in separation of a solute from a solution.*

[2 marks]

[b] *A solution X containing 30% of a solute S in a solvent A is used to extracts using a co current stage-wise extraction system with a solvent B. 100 kg/h of X is used in the process. At each stage 30 kg/h of B is used.*

[i] *Assuming that A and B are immiscible, the distribution coefficient K is .75 and if raffinate is not to contain more than 2.5% of A in solution.*

(a) *Draw the operating line and the equilibrium line.*

[4 marks]

(b) *Find the theoretical number of stages required.*

[5 marks]

[ii] *If A and B are miscible and Figure L.2 shows the equilibrium plot on a triangular diagram, estimate the theoretical number of stages required.*

[9 marks]

...4/-

3. Suatu bahan penyerap digunakan untuk menyerap komponen gas G dari aliran gas pada 25°C dan 6 bar. Kepekatan awal G di dalam aliran gas ialah 1510 ppm. Data untuk kepekatan G di keluaran lapisan pada masa-masa yang berbeza ditunjukkan di dalam Jadual S.3 di bawah. Panjang lapisan adalah 0.5 m.

Jadual S.3

Kepekatan G di aliran keluaran (ppm)	0	3	5	25	75	148	270	440	620	800	1120	1375	1500	1510
Masa (jam)	0	10	15	15.5	15.9	16.1	16.3	16.7	16.8	17.0	17.4	17.8	18.2	20.0

- [i] Lukis lengkungan bulus untuk lapisan [6 markah]
- [ii] Anggarkan panjang bagi lapisan yang tidak digunakan berdasarkan kepekatan titik putus  $C/C_0 = 0.04$  [7 markah]
- [iii] Cari muatan tepu lapisan (kg G / kg bahan penyerap) jika kadar alir suapan aliran ialah 120 mol/j.m<sup>2</sup> dan ketumpatan pukal bahan penyerap ialah 900 kg/m<sup>3</sup>.  
Diberi: untuk menukar ppm G ke kg G / mol aliran, darab dengan  $27.8 \times 10^{-6}$ . [7 markah]

3. An adsorbent is used to adsorb a gas component G from a gas stream at 25°C and 6 bar. The initial concentration of G in the gas stream is 1510 ppm. Data for the concentration of G at the exit of the bed at different times are show in the Table Q.3 below. The length of the bed is 0.5 m.

Table Q.3

concentration of G in the exit stream (ppm)	0	3	5	25	75	148	270	440	620	800	1120	1375	1500	1510
Time (hours)	0	10	15	15.5	15.9	16.1	16.3	16.7	16.8	17.0	17.4	17.8	18.2	20.0

- [i] Draw the breakthrough curve for the bed [6 marks]
- [ii] Estimate length of unused bed based on break-point concentration of  $C/C_0 = 0.04$  [7 marks]
- [iii] Find the saturation capacity of the bed (kg of G/kg adsorbent) if the feed flow rate of the stream is 120 mol/h.m<sup>2</sup> and the bulk density of the adsorbent is 900 kg/m<sup>3</sup>.  
Given : to convert ppm of G to kg of G/mole of stream, multiply by  $27.8 \times 10^{-6}$ . [7 marks]

...5/-

4. [a] Gambarajah S.4 di bawah menunjukkan keterlarutan naftalena dalam benzena. Kawasan manakah yang berkait dengan:

- [i] Larutan homogen
- [ii] Pepejal  $C_{10}H_8$  + larutan
- [iii] Pepejal  $C_6H_6$  + larutan

[3 markah]

- [b] Apabila suatu campuran cecair disejukkan dari titik P, pada kedudukan (titik) manakah hablur pepejal naftalena akan mula terbentuk?

[2 markah]

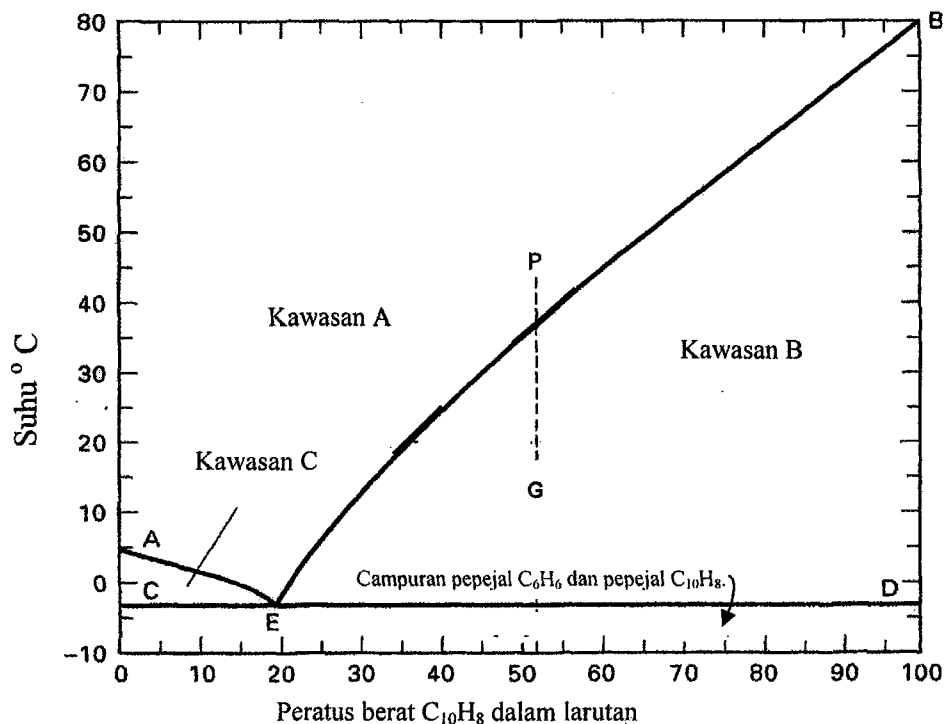
- [c] Apabila campuran cecair disejukkan dari titik P ke titik G, anggarkan :

- [i] komposisi cecair
- [ii] jumlah pepejal per jumlah larutan asal

[6 markah]

- [d] Suatu larutan panas mengandungi 1000 kg  $MgSO_4$  dan air dengan kepekatan 30%  $MgSO_4$  disejukkan pada 288.8 K, di mana hablur  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  akan termendak. Keterlarutan  $MgSO_4$  pada 288.8 K ialah 24.5% berat tanpa air. Kirakan hasil hablur yang diperolehi sekiranya 5% daripada air asal dalam sistem tersebut disejatkan semasa penyejukan.

[9 markah]



Gambarajah S.4 Keterlarutan naftalena dalam benzena

...6/-

4. [a] Figure Q.4 below shows the solubility of naphthalene in benzene. Which region belongs to the following:

- [i] Homogeneous solution
- [ii] Solid  $C_{10}H_8$  + solution
- [iii] Solid  $C_6H_6$  + solution

[3 marks]

- [b] When a liquid mixture is cooled from point P, where is the point that solid crystals of naphthalene starts to form?

[2 marks]

- [c] When the liquid mixture is cooled from point P to point G, estimate :

- [i] the liquid composition
- [ii] amount of solid per amount of original solution.

[6 marks]

- [d] A hot solution containing 1000 kg of  $MgSO_4$  and water having a concentration of 30%  $MgSO_4$  is cooled to 288.8 K, where the crystals of  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  are precipitated. The solubility at 288.8 K is 24.5 wt% anhydrous  $MgSO_4$  in the solution. Calculate the yield of crystals obtained if 5% of the original water in the system evaporates on cooling.

[9 marks]

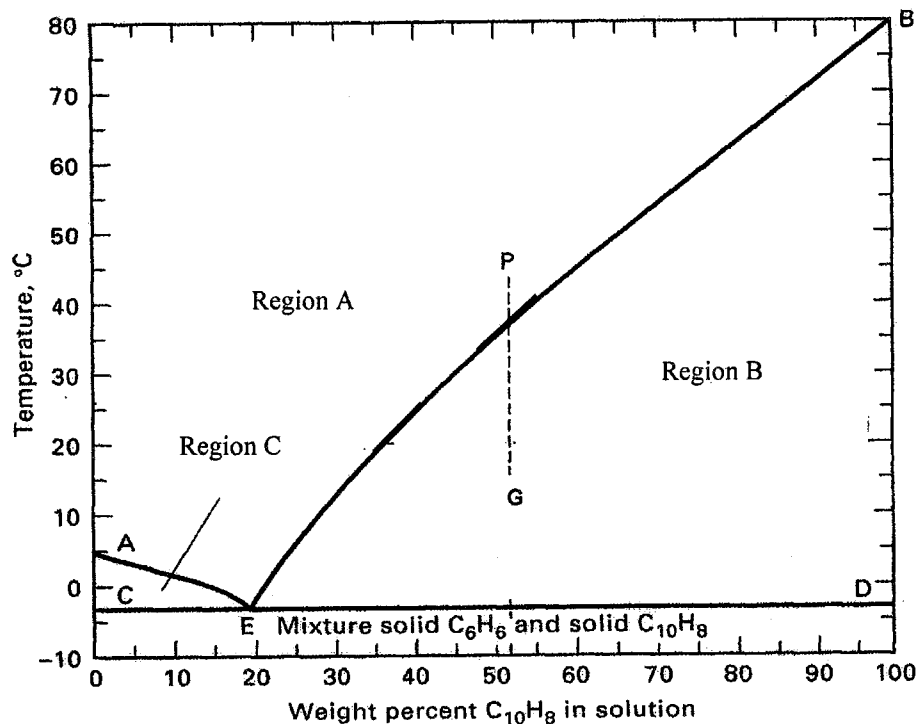


Figure Q.4 Solubility of naphthalene in benzene.

...7/-

5. [a] Terangkan konsep dan kepentingan analisa dimensi dalam korelasi data ujikaji dengan pekali pemindahan jisim konvektif. [3 markah]

- [b] Pekali pemindahan haba purata bagi aliran suatu bendalir pada sudut tepat kepada silinder bulat adalah seperti berikut:

$$Nu_{av} = 0.43 + 0.532 Re^{0.5} Pr^{0.31} \quad 1 \leq Re \leq 4000$$

Tuliskan persamaan beranalog untuk kes pemindahan jisim.

[3 markah]

- [c] Apakah yang dimaksudkan dengan pemisahan mekanik? Berikan tiga contoh pemisahan mekanik. [4 markah]

- [d] Suatu penurasan penekan dengan keluasan  $0.0929 \text{ m}^2$  digunakan untuk melakukan penurasan tekanan-malar pada  $34.5 \text{ kPa}$  untuk  $13.9\%$  berat  $\text{CaCO}_3$  pepejal dalam buburan air pada  $300 \text{ K}$ . Nisbah jisim kek basah kepada kek kering ialah  $1.59$ . Ketumpatan kek kering ialah  $1017 \text{ kg/m}^3$ . Kelikatan kinematik ialah  $\mu = 8.937 \times 10^{-4} \text{ kg/m.s}$ . Data-data yang diperolehi diberi dalam jadual berikut:

Cecair turasan, W (kg)	Masa penurasan, t (s)
0.91	24
1.81	71
2.72	146
3.63	244
4.54	372
5.44	524
6.35	690
7.26	888
8.16	1188

Kirakan nilai  $\alpha$  dan  $R_m$ .

Persamaan :  $c_s = \frac{\rho c_x}{1 - mc_x}$

[10 markah]

5. [a] Explain the concept and importance of dimensional analysis in correlating experimental data on convective mass transfer coefficients. [3 marks]

- [b] The average heat-transfer coefficient for flow of a fluid at right angle to a circular cylinder is given by:

$$Nu_{av} = 0.43 + 0.532 Re^{0.5} Pr^{0.31} \quad 1 \leq Re \leq 4000$$

Write the analogous expression for the case of mass transfer.

[3 marks]

...8/-

- [c] What is mechanical separation? Give three examples of mechanical separations.

[4 marks]

- [d] A filter press with an area of  $0.0929 \text{ m}^2$  is employed to perform constant-pressure filtration at  $34.5 \text{ kPa}$  for a  $13.9 \text{ wt } \% \text{ CaCO}_3$  solids in water slurry at  $300 \text{ K}$ . The mass ratio of wet cake to dry cake is  $1.59$ . The dry-cake density is  $1017 \text{ kg/m}^3$ . The kinematic viscosity is  $\mu = 8.937 \times 10^{-4} \text{ kg/m.s}$ . The data obtained is given in the following table:

Filtrate, $W \text{ (kg)}$	Filtration time, $t \text{ (s)}$
0.91	24
1.81	71
2.72	146
3.63	244
4.54	372
5.44	524
6.35	690
7.26	888
8.16	1188

Calculate the value of  $\alpha$  and  $R_m$ .

Useful equation :  $c_s = \frac{\rho c_x}{1 - m c_x}$

[10 marks]

6. [a] Suatu kelompok pepejal basah dikeringkan dengan pengering dulang dengan keadaan pengeringan malar. Ketebalan bahan pada dulang tersebut ialah  $25.4 \text{ mm}$ . Hanya permukaan atas sahaja didedahkan. Kadar pengeringan semasa tempoh pengeringan malar ialah  $R = 2.05 \text{ kg H}_2\text{O/j.m}^2$ . Nisbah  $Ls/A$  digunakan ialah  $24.4 \text{ kg pepejal kering /m}^2$  permukaan terdedah. Kandungan air bebas awal ialah  $X_1 = 0.55$  dan kandungan air kritikal  $X_C = 0.22 \text{ kg air bebas/ kg pepejal kering}$ . Suatu sampel bahan yang sama dengan ketebalan  $50.0 \text{ mm}$  dikeringkan pada kedua-dua permukaan atas dan bawah. Kirakan masa untuk mengeringkan satu kelompok bahan ini daripada  $X_1 = 0.45$  ke  $X_2 = 0.30$  pada keadaan pengeringan yang sama.

[10 markah]

- [b] Suatu kek penuras basah dalam dulang  $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  dan  $2.5 \text{ cm}$  tebal dikeringkan dengan udara pada bahagian permukaan atas. Udara dengan suhu lembap bebuli basah  $26.7^\circ\text{C}$  dan suhu lembap bebuli kering  $48.9^\circ\text{C}$  dialirkan selari dengan permukaan pada halaju  $77 \text{ m/s}$ . Ketumpatan kering kek ialah  $1.92 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$  dan kandungan air bebas kritikal ialah  $0.09 \text{ kg H}_2\text{O/kg pepejal kering}$ . Kirakan tempoh yang diperlukan untuk mengeringkan bahan tersebut dari kandungan air bebas  $0.20 \text{ kg H}_2\text{O/kg bahan kering}$  ke kandungan air bebas kritikal?  $\lambda_m = 2438.35 \text{ kJ/kg}$ .

[10 markah]

...9/-



Persamaan:  $v_H = (2.83 \times 10^{-3} + 4.56 \times 10^{-3} H) T$

$H = 0.00204 G^{0.8}$  Udara mengalir selari dengan permukaan pengeringan

$H = 1.17 G^{0.37}$  Udara mengalir berserenjang dengan permukaan pengeringan

6. [a] *A batch of wet solid is dried on a tray dryer using constant drying conditions and a thickness on material on the tray of 25.4 mm. Only the top surface is exposed. The drying rate during the constant-rate period is  $R = 2.05 \text{ kg H}_2\text{O/h.m}^2$ . The ratio  $L_s/A$  used was  $24.4 \text{ kg dry solid/m}^2$  exposed surface. The initial free moisture is  $X_1 = 0.55$  and the critical moisture content  $X_C = 0.22 \text{ kg free moisture/kg dry solid}$ . A sample of this material of a thickness of 50.0 mm is to be dried from the top and bottom surface. Calculate the time to dry a batch of this material from  $X_1 = 0.45$  to  $X_2 = 0.30$  using the same drying conditions.*

[10 marks]

- [b] *A wet filter cake in a pan 30 cm x 30 cm and 2.5 cm thick dried on the top surface with air. The air of a wet bulb temperature of  $26.7^\circ\text{C}$  and a dry bulb temperature of  $48.9^\circ\text{C}$  is flowing parallel to the surface at a velocity of 77 cm/s. The dry density of the cake is  $1.92 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$  and the critical free moisture content is  $0.09 \text{ kg H}_2\text{O/kg dry solid}$ . How long will it take to dry the material from a free moisture content of  $0.20 \text{ kg H}_2\text{O/kg dry material}$  to the critical free moisture content?  $\lambda_m = 2438.35 \text{ kJ/kg}$ .*

[10 marks]

Useful equations:  $v_H = (2.83 \times 10^{-3} + 4.56 \times 10^{-3} H) T$

$H = 0.00204 G^{0.8}$  Air flowing parallel to the drying surface

$H = 1.17 G^{0.37}$  Air flowing perpendicular to the drying surface.

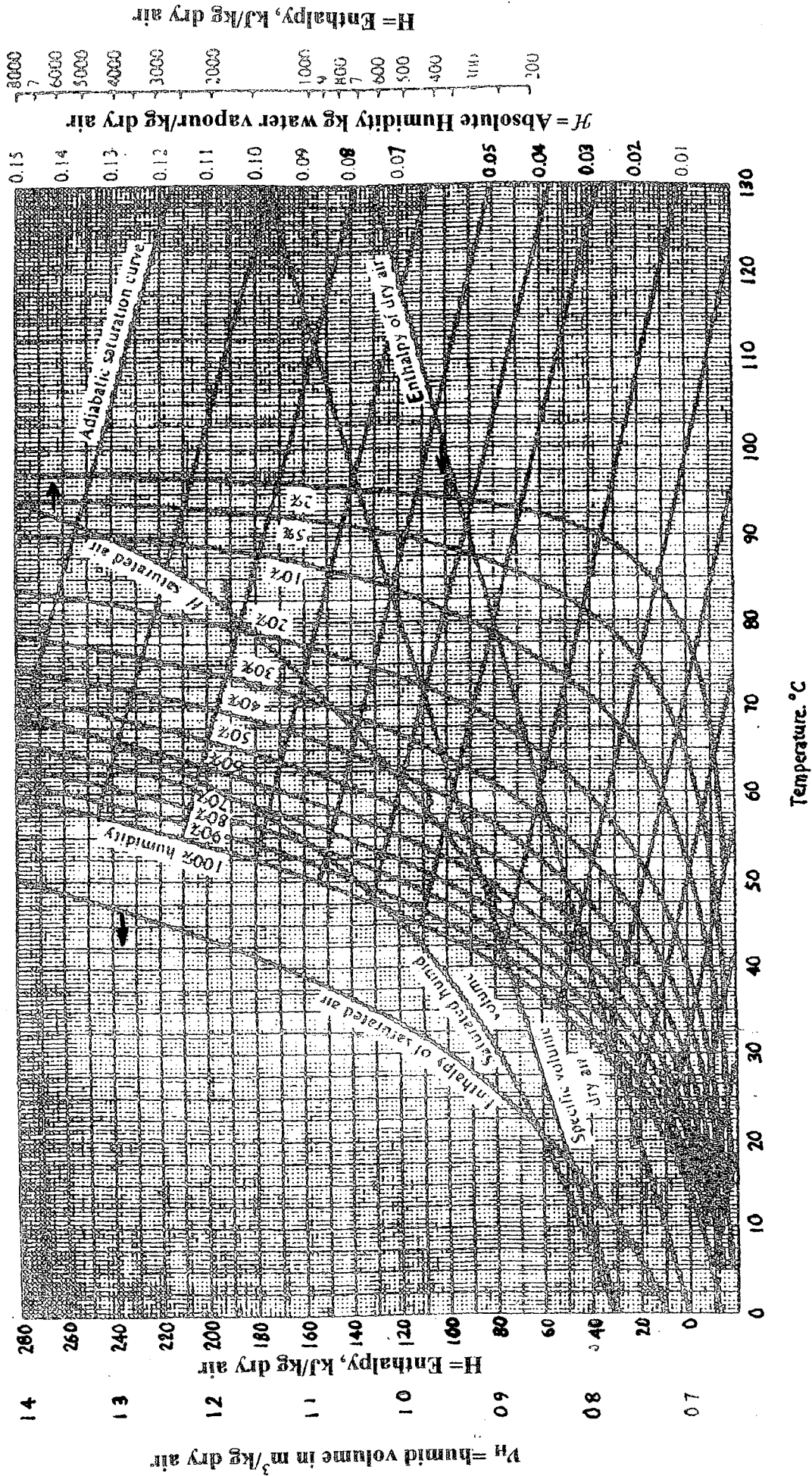
Lampiran

Figure L.1 Psychrometric chart for air-water vapor, 1 std atm abs, in SI units.

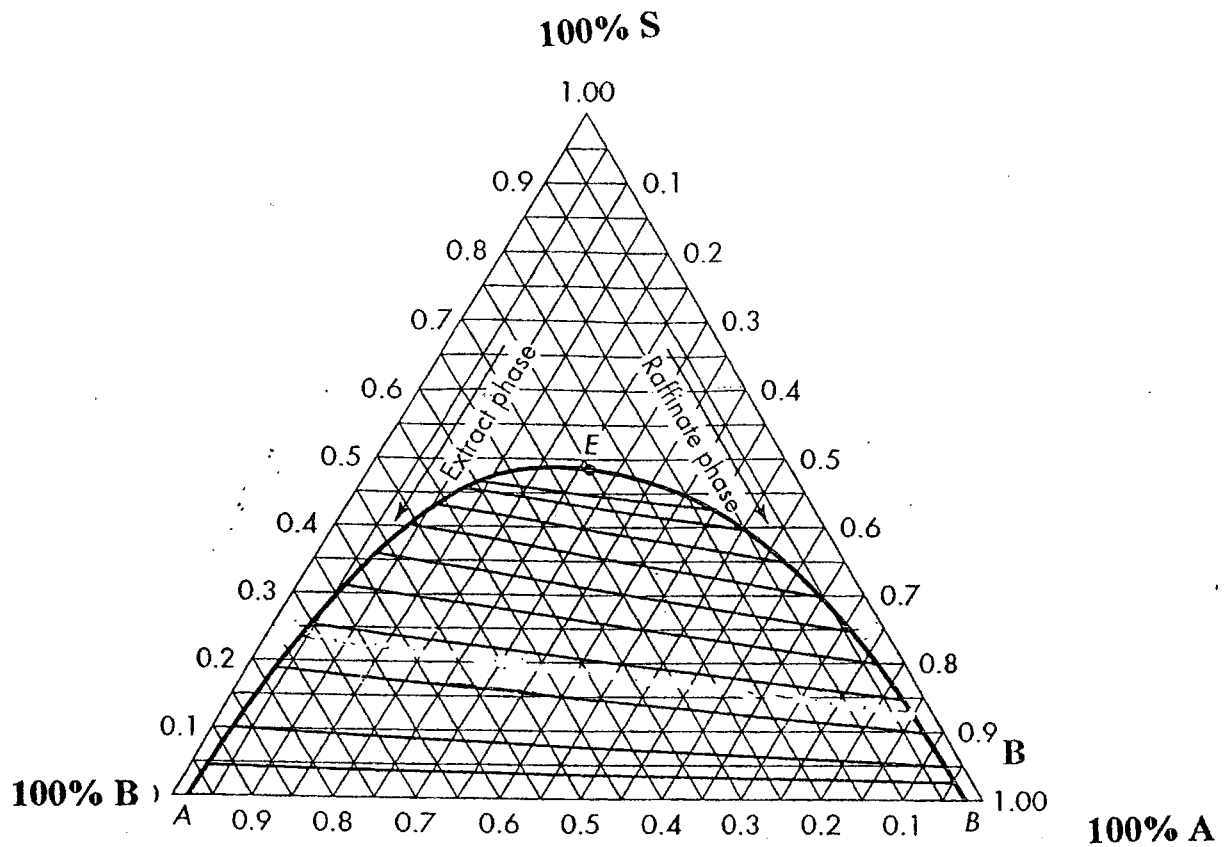


Figure L.2  
The Triangular Phase Diagram for the  
[A-B-S] System

All values are in mass Fraction Units